LA C. S. Sherrington

17

LA REGIÓN OLFATORIA

DEL CEREBRO

POR

C. CALLEJA

Alumno interno del Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina.





MADRID

IMPRENTA Y LIBRERÍA DE NICOLÁS MOYA

Carretas, 8, Garcilaso, 6

1893

Oct. 19, 1931

SUMMERTOWN 5607.
(OXFORD)

9, CHADLINGTON ROAD,
OXFORD.

Dear Mr. Le Fanu,

I came across another celebrated Early paper from the Cajal laboratory [Madrid, 1893] & sent it without delay, because it should be alongside the others already sent you.. These early papers of the Madrid

school are now very difficult to procure.

I have also the original edition of Cajal's "El siste nervioso del Hombre y de lo Vertebrados." Madrid 189 2 vols. If the College Lib has not this & would wi for it, I shall be please to offer it. It is not boun it appeared in paper covers. It has long been out of pr

Yours sincerely
C. S. Sherrington.

Librarian.
Roy. Coll. of Surgeons. Lon

LA REGIÓN OLFATORIA DEL CEREBRO



LA

REGIÓN OLFATORIA

DEL CEREBRO

POR

C. CALLEJA

Alumno interno del Laboratorio de Histología de la Facultad de Medicina.





MADRID

IMPRENTA Y LIBRERÍA DE NICOLÁS MOYA

Carretas, 8, Garcilaso, 6

1893

LA REGION OLFATORIA DEL CEREBRO

Hace cerca de un año, que, obedeciendo á los deseos de nuestro querido maestro el Dr. Cajal, emprendimos una serie de investigaciones sobre LA REGIÓN OLFATORIA DEL CEREBRO DE LOS VERTEBRADOS. El plan de nuestro trabajo era vastísimo, pues debía abarcar el estudio de la terminación del tractus en las cinco clases de vertebrados, así como el del mismo bulbo olfatorio en los peces y batracios; pero la dificultad de obtener buenas impregnaciones, además del mucho tiempo que tal empresa demandaba, han sido parte para que sólo hayamos podido investigar hasta la fecha el bulbo de los urodelos y el lóbulo olfatorio de los mamíferos. En el presente trabajo daremos cuenta de lo principal de los resultados obtenidos, sin perjuicio de consagrar más adelante á este importante tema, y á fin de completar nuestras indagaciones, el tiempo y la labor indispensables (1).

I. — Urodelos.

Como es bien sabido, en los urodelos el bulbo olfatorio no constituye un lóbulo especial, sino que está representado por una simple eminencia de la región antero-externa é inferior de la vesícula cerebral anterior. Esta parte del encéfalo denomínase *región olfatoria* y ha sido bien estudiada por Edinger (2), que se ha servido al efecto del método de Weigert-Pal.

(1) Un resumen de este trabajo fue ya publicado en los *Anales de la Sociedad Española de historia natural*, t. II, serie III. Acta de la sesión de 4 de Enero de 1893.

(2) *Edinger*: Untersuchungen über die vergleichende Anatomie des Gehirns. I. Das Vorderhins. Abhandl. d. Senckenberg. naturforsch. Gesellsch. Frankfurt a. M. 1888.

Pero hace falta un análisis más completo (basado en la aplicación de métodos más expresivos) de los corpúsculos de la región olfatoria de los urodelos, pues el método de teñido al carmín ó con las anilinas, no puede esclarecer, sino de manera muy imperfecta, el problema de las formas y relaciones de los corpúsculos receptores de las impresiones olfativas. Además, tiene interés examinar si en los urodelos, cuyo aparato olfatorio representa la forma más rudimentaria en la serie de los vertebrados, se confirma el plan estructural hallado en los mamíferos con el método de coloración de Golgi, por éste (1), S. Ramón y Cajal (2), Van Gehuchten y Martín (3), Retzius (4) y Kölliker (5), y en las aves y reptiles, por P. Ramón (6).

Nuestros estudios han recaido preferentemente sobre un urodelo español, muy afine de la salamandra, llamado vulgarmente *gallipato* y en el lenguaje científico *Pleurodeles Waltti*. Muchas de nuestras preparaciones provienen del cerebro de larvas de distintas edades, otras han sido obtenidas en animales adultos. El método que hemos empleado ha sido el llamado *impregnación doble*, imaginado por nuestro sabio maestro Ramón y Cajal, para aquellos casos en que el método ordinario de Golgi se muestra harto inconstante é incompleto.

Un corte longitudinal de la región olfatoria del gallipato revela casi las mismas capas que el bulbo olfatorio de los mamíferos: 1.°, zona externa ó fibrilar; 2.°, zona de los glomérulos olfatorios; 3.°, zona de las células empenachadas; 4.°, zona de los granos; 5.°, zona epitelial confinante con la cavidad cerebral.

1.° *Zona externa ó fibrilar.* — Está constituída por hacecillos entrecruzados, que aparecen en los cortes, seccionados ya á lo largo, ya de través. Estos haces constan de los finos cilindros-ejes

(1) *Golgi*: Sulla fina struttura dei bulbi olfatorii. Regio Emilia, 1875.

(2) *Cajal*: Orígen y terminación de las fibras nerviosas olfatorias. *Gac. san. de Barcelona*, Diciembre, 1890.

(3) *Van Gehuchten et Martin*: Le bulbe olfatif des quelques mamiferes. *La cellule*, t. VII, 2 fasc., 1891.

(4) *G. Retzius*: Biologisch. Untersuchungen. Neue. Folge, III, 1892.

(5) *Kölliker*: Ueber den feineren Bau der Bulbus olfatorius. Aus. d. Sitzunberig. der Würzburg. Phys. med. Gesell. Diciembre, 1891.

(6) *P. Ramón*: Estructura de los bulbos olfatorios de las aves. *Gac. san. de Barcelona*, Julio, 1890. — El encéfalo de los reptiles, Septiembre 1891.

de las células olfatorias de la mucosa nasal, los cuales conservan constantemente su diámetro y no se ramifican durante su curso por la capa que estamos tratando (fig. 1, *A*).

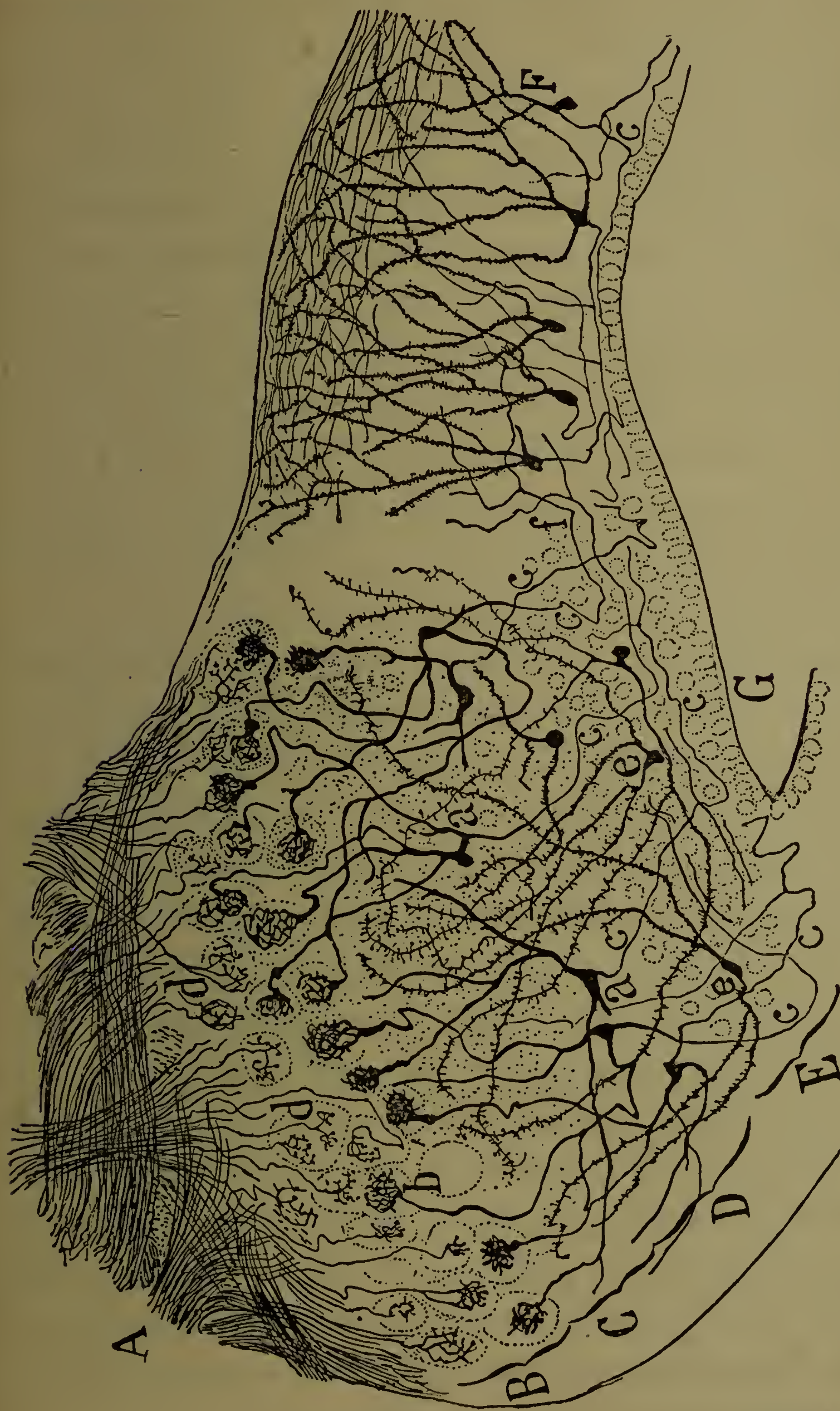


Fig. 1. — Corte horizontal y antero-posterior de la vesícula cerebral del gallipato. — Método de Golgi. — Doble impregnación. — A, fascículos de fibras olfatorias; B, capa de los glomérulos; C, capa molecular; D, capa de las células empenachadas; E, capa de los granos; G, cavidad ventricular; F, pirámides del cerebro; *a*, células empenachadas; *b*, penacho protoplásmico de éstas; *c*, cilindros-ejes; *e*, granos; *d*, arborizaciones terminales de fibras olfatorias; *f*, cilindros-ejes de células empenachadas.

2.° *Zona de los glomérulos.* — Es bastante espesa y está formada por la reunión de tres ó más series irregulares, de ciertos islotes granulosos, de contorno incorrecto y tamaño variable, conocidos desde hace mucho tiempo con la designación de *glomérulos olfatorios*.

En los urodelos, como en los reptiles, aves y mamíferos, el glomérulo representa un territorio donde se ponen en íntimo contacto dos especies de ramificaciones : por fuera las arborizaciones de las fibrillas nerviosas olfatorias ; por dentro, los penachos en que rematan las expansiones de ciertas células nerviosas profundas (empenachadas de Cajal). Aquí, como en todos los vertebrados, se confirma con claridad absoluta que dicha relación es de contacto ó de contigüidad, no de anastomosis ó de continuidad ; de suerte que la excitación nerviosa sensorial depositada en el glomérulo por las fibras nerviosas es recogida por expansiones protoplasmáticas. La importancia de esta disposición para el estudio del papel funcional de las expansiones protoplasmáticas, ha sido primeramente señalada por Cajal, cuyas ideas en este punto se han aceptado plenamente por cuantos han estudiado posteriormente la estructura del bulbo olfatorio (P. Ramón, Van Gehuchten y Martín, Retzius, Kölliker, etc.).

En cada glomérulo, aun en los más pequeños, penetran varias fibras nerviosas, que se descomponen bruscamente en una arborización corta, varicosa y poco complicada (fig. 1, *d*). No hemos visto hasta hoy que dichas fibras olfativas se bifurquen antes de entrar en los glomérulos, disposición señalada para el bulbo de los mamíferos por Van Gehuchten y Martín. En cambio, es fácil notar divisiones dicotómicas dentro de un mismo glomérulo, originándose dos pequeñas arborizaciones muy próximas.

3.° *Zona de las células empenachadas.* — La forma, así como el tamaño, de estas células es muy variable : en general, cabe decir que son ya fusiformes, ya triangulares, ya semilunares. Generalmente se encuentran á cierta distancia de los glomérulos y esparcidas sin orden en una faja irregular. No hemos podido distinguir entre ellas las tres especies de células empenachadas que Cajal describe en los mamíferos ; más bien parece ser que en los batracios, tales variedades celulares se refunden en una sola, variando únicamente estos elementos entre sí en posición y tamaño.

Cada célula empenachada suministra por fuera y hasta por los lados dos, tres ó más expansiones protoplasmáticas espesas, que no tardan en dicotomizarse, formando tallos flexuosos, de marcha intrincada, y de cuyo mútuo entrecruzamiento resulta una espe-

cie de zona molecular mucho más estrecha é irregular que la de los mamíferos. Cada tallo protoplasmático parece destinado á un glomérulo, en el cual termina por un penacho de fibras gruesas, cortas, varicosas, en ocasiones dispuestas en plexo tan espeso, que cuando está bien impregnado, aparece como un cono ó esfera negra, salpicada de huecos. A menudo, se ven expansiones protoplasmáticas, que, después de correr cierto trecho hacia dentro, se doblan en arco para extenderse hasta la región de los glomérulos. A nuestro parecer, todas estas expansiones están destinadas á glomérulos, por lo cual una sola célula puede proveer de penachos terminales á cuatro, cinco y más de dichos órganos, como ha demostrado también P. Ramón en el bulbo de las aves y reptiles.

El cilindro-eje emerge, ya del cuerpo, ya de una rama protoplasmática ; al principio es grueso, pero no tarda en adelgazarse, dirigiéndose flexuosamente hacia dentro, abordando la zona de los granos, por entre los que discurre en curso antero-posterior. La mayor parte de estos cilindros-ejes, se dispone en plexo apretado en el espesor de la pared externa é inferior de la vesícula anterior ; pero los hay también, particularmente los que provienen de células habitantes en la parte anterior de la región olfatoria, que ganan la pared interna de aquella, terminando de una manera desconocida. En su trayecto, dichos cilindros-ejes suministran colaterales que parecen acabar entre las mismas células empenachadas (fig. 1, *C*). El curso ulterior de los cilindros-ejes de las células empenachadas lo hemos seguido, en casos afortunados, hasta una región cerebral inmediata, situada detrás de la olfatoria, donde yacen pirámides típicas. En este paraje hemos visto alguna vez bifurcarse dichas fibras y dirigirse como á la zona media y molecular, donde acaso tienen su terminación. Es probable que, como sucede en los mamíferos, dichos cilindros-ejes se pongan en relación de contacto con el penacho terminal de las pirámides de la vesícula anterior en una región determinada.

4.° *Zona de los granos.* — Es poco espesa y está mal limitada de la precedente, pero la circuncribe muy bien hacia dentro el epitelio con quien confina. Los granos constituyen islotes ó agrupaciones de cuatro, seis ó más células, separadas por hacecillos plexiformes de fibras nerviosas, que no son otra cosa, al menos en su

mayor parte, que la reunión de cilindros-ejes procedentes de las células empenachadas (fig. 1, *c*).

La figura de los granos es harto variable; unas veces aparecen fusiformes y alargados de delante atrás, otras globulosos y no pocas piriformes. Por dentro carecen de expansión, en lo que coinciden con los granos de los reptiles (P. Ramón); pero hacia afuera envían generalmente dos prolongaciones, que no tardan en ramificarse y marchar hacia la periferia para terminarse entre las células empenachadas, de preferencia, en la proximidad de la zona de los glomérulos. Al principio, dichas expansiones son lisas ó poco ásperas, pero en cuanto se hacen algo externas emiten en ángulo recto infinidad de espinas colaterales, por cuyo carácter se distinguen perfectamente de las ramas protoplasmáticas casi lisas de los corpúsculos empenachados. La reunión de estas ramitas espinosas y la de los brazos protoplasmáticos de las células empenachadas, forma la zona molecular (1).

En las demás regiones de la vesícula anterior, nuestras observaciones no están todavía terminadas. Podemos, sin embargo, afirmar que la disposición de las células nerviosas y epiteliales, no discrepa en el gallipato, de la que las indagaciones de Oyarzum (2) y de Cajal (3) han mostrado en la rana y salamandra.

Las células nerviosas pueden distinguirse en cuatro especies: 1.° Células poligonales ó estrelladas, cuya expansión nerviosa se desliza de delante atrás por el espesor de la substancia gris para formar parte de un fascículo medulado antero-posterior, que sale de la vesícula anterior (fascículo del ganglio primordial de Edinger). 2.° Células sumamente numerosas provistas de un extenso

(1) Durante la impresión de este trabajo hemos recibido un folleto de Berdez, *La cellule nerveuse et quelques recherches sur les cellules des hémisphères de la grenouille.* (Thése d'habilitation Lausanne, 1893), en el cual se aborda el problema de la estructura de la región olfatoria del cerebro de la rana. Sus conclusiones coinciden en algunos puntos con las nuestras, particularmente en lo relativo al penacho periférico de las células de la región olfatoria; pero lo incompleto de las impregnaciones, no ha permitido á este autor precisar la manera de terminarse las fibrillas de los nervios olfatorios.

(2) *Oyarzum:* Ueber den feineren Bau des Vordenhirns des Amphibien. *Arch. f. mik. Anat.*, Bd. xxxv, 1890.

(3) *Cajal:* Pequeñas contribuciones al conocimiento del sistema nervioso. II. Estructura fundamental de la corteza cerebral de los batracios, reptiles y aves.— Agosto 1891.

penacho espinoso terminado en la zona molecular de un modo análogo á las pirámides de los mamíferos. Su cilindro eje, después de emerger de la parte inferior del cuerpo, y de seguir un trayecto más ó menos horizontal, asciende bruscamente á la capa molecular, donde forma una arborización de grande amplitud. Durante su curso, esta expansión nerviosa suministra varias colaterales, algunas de las cuales parecen esparcirse por los estratos más inmediatos al epitelio (fig. 1, *F*). 3.° Células ovóideas ó poligonales multipolares, sin orientación marcada, yacentes en la capa molecular ó en el confín superior de la zona de pirámides, y cuyo cilindro-eje, sumamente ramificado, pierde inmediatamente su in-



Fig. 2. — Una célula probablemente análoga al tipo segundo de Golgi (tipo sensitivo), que residía en la pared interna de la vesícula anterior del gallipato; *e*, cilindro-eje arborizado en gran parte en el espesor de la zona molecular.

dividualidad, abarcando con sus ramillas una buena parte de la mitad externa de la corteza. Semejantes elementos (1), comparables á los sensitivos de Golgi, ó de cilindro-eje corto de Cajal, sólo se nos han mostrado hasta hoy, en la pared interna de la vesícula cerebral anterior (fig. 2). 4.° Células fusiformes ú ovóideas yacentes en lo alto de la zona molecular, y cuyos caracteres coinciden con los de los corpúsculos fusiformes, señalados por Cajal en la corteza cerebral de los batracios y reptiles. En cuanto á las células epiteliales, son enteramente iguales á las de la rana, pues poseen un cuerpo ovóideo voluminoso, situado en la superficie ventricular, y un tallo externo rápidamente ramificado en multitud de expansiones de contorno espinosísimo é irregular, las cuales se ter-

(1) Estas células discrepan de las pirámides por la carencia de espinas en sus ramas protoplasmáticas, que aparecen fuertemente varicosas.

minan á favor de espesamientos cónicos por debajo de la *pia mater*.

En la región olfatoria, dichas células epiteliales se muestran con iguales caracteres; solamente nos ha parecido que las expansiones externas no terminaban en la superficie cerebral, sino en el espesor de la zona de las células empenachadas. De todos modos, no hacemos sobre esto afirmación categórica, pues pudiera tratarse muy bien de una impregnación incompleta.

Por lo demás, en el gallipato como en la rana, la corteza cerebral presenta una capa molecular muy espesa, donde, además de los penachos protoplasmáticos de las células psíquicas ó piramidales, se ven innumerables fibrillas nerviosas ramificadas. En ciertos puntos, el espesor de las fibras nerviosas de esta zona, su perfecta orientación antero-posterior, la conservación de su individualidad por largo trecho, dan á entender que acaso la capa molecular de los batracios represente una parte de la substancia blanca de los mamíferos.

II. — Región olfatoria de los mamíferos.

La región olfatoria de la vesícula anterior de los mamíferos es más complicada que la de los urodelos, y está representada, como es sabido, por un aparato cuyas principales partes son: el bulbo y *tractus olfatorio*, las raíces del *tractus*, el tubérculo olfatorio y el núcleo amigdalino.

De todos estos órganos, los que han sido objeto preferente de nuestras investigaciones, son: el *tubérculo olfatorio*, el *tractus* y *la región de la raiz externa*.

TUBÉRCULO OFATORIO.

Este tubérculo es una eminencia muy desarrollada en los mamíferos en que domina el sentido del olfato, situada delante de la substancia perforada anterior, por dentro de la raiz externa y detrás de la terminación del *tractus*. En el conejo, conejillo de Indias y rata, objeto preferente de nuestras pesquisas, el tubérculo olfatorio se presenta de forma ovóidea, y correctamente limitado de las partes inmediatas. La circunstancia de que una

parte de las fibras procedentes del bulbo olfatorio parece terminar en dicho tubérculo, presta singular interés al estudio de los elementos que le integran. Un examen de la textura del tubérculo olfatorio, es tanto más necesario, cuanto que hasta la fecha no ha sido objeto, que sepamos, de indagaciones histológicas especiales. Las brevísimas descripciones que neurólogos modernos hacen de dicho órgano, por ejemplo, las de Schwalbe (1) y Obersteiner (2), se refieren más al punto de vista macroscópico que al microscópico. El estudio que Golgi (3), apoyado en su valioso método analítico, consagra al origen del nervio olfatorio, versa, no sobre el mencionado tubérculo, sino sobre el tractus y substancia gris subyacente á la raiz externa, donde este histólogo ha podido confirmar la existencia de fibras llegadas del tractus, así como una corteza cerebral compuesta de sus dos tipos clásicos de corpúsculos nerviosos.

Nuestras observaciones se han verificado sobre cortes ya anteroposteriores, ya transversales del tubérculo olfatorio, cuyas células fueron coloreadas por uno de los tres métodos siguientes : teñido al carmín ó hematoxilina, método de Weigert-Pal para la coloración de la mielina, proceder de Golgi rápido.

Los cortes coloreados al carmín ó hematoxilina, revelan desde luego que el tubérculo olfatorio consta de una corteza de substancia gris, análoga en el fondo á la del resto de la corteza cerebral, pero con especiales modificaciones que la prestan una fisonomía característica. Las capas que aparecen de la superficie al centro, son : zona molecular, zona de las pequeñas y medianas pirámides, zona plexiforme y de células polimorfas, zona de substancia blanca continuada con los manojos que penetran en el cuerpo estriado.

1.° *Zona molecular.* — De espesor muy desigual y comunmente más delgada que en el resto de la corteza, aparece formada por el entrecruzamiento de los penachos periféricos de pirámides subyacentes y de un número extraordinario de fibrillas nerviosas ramificadas. Entre estas fibrillas cabe distinguir dos especies :

(1) *Schwalbe* : Lehrbuch der Neurologie. Erlangen, 1881.

(2) *Obersteiner*: Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Central organe. 2.° Auflage. — Leipzig u. Wien. 1892.

(3) *Golgi*: Sulla fina Anatomia degli Organi centrali del sistema nervoso. Milano, 1886, pág. 120 y siguientes.

fibras finas ramificadas que provienen de cilindros-ejes ascendentes (fig. 4, *a*), como los hallados por Martinotti (1), Cajal (2), Retzius (3) en la corteza típica, y por Schäffer (4) en el asta de Ammon; y fibras espesas probablemente nacidas de las células fusiformes autóctonas de dicha zona, de las que representarían expansiones larguísimas, horizontales, ramificadas en ángulo recto, y con aspecto de prolongaciones funcionales. Además de alguna que otra célula fusiforme del tipo de las células de Cajal, se encuentran también otras estrelladas ó triangulares, de expansiones divergentes, pero cuyo carácter y significación no hemos podido esclarecer á causa de lo incompleto y raro de las impregnaciones (fig. 4, *e*, *f*).

2.° *Zona de las pequeñas y medianas pirámides.*— Estas células aparecen más irregulares que en las otras regiones de la corteza, casi todas son ya triangulares, ya fusiformes, aunque enviando un tallo ó varias expansiones á la capa molecular; sus cilindros-ejes descienden, suministrando colaterales hasta la zona plexiforme, donde se continuan con una fibra nerviosa.

Islotes olfativos. — Las pirámides pequeñas y medianas se presentan en algunos sitios, constituyendo acúmulos apretadísimos perfectamente limitados de los parajes de la misma capa en que dichas células tienen una distribución normal. Estos islotes constituyen la característica del tubérculo olfatorio, y son perfectamente demostrables en las preparaciones al carmín como conglomerados rojos compuestos de infinidad de núcleos sumamente próximos (fig. 3).

La figura de estos islotes es muy variable; los hay de forma semilunar y extraordinariamente próximas á la superficie cerebral, adelgazándose notablemente á su nivel hasta casi desaparecer la zona molecular; otros son más profundos y aparecen al corte ovóideos ó redondos; algunos de grande extensión, se pro-

(1) *Martinotti:* Beitrag zum Studium der Hirnrinde, etc. *Intern. Monatschr. f. Anat. u. Physiol.* Bd. 7. 1890.

(2) *Cajal:* Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammiferes. La Cellule, t. VII, 1891.

(3) *Retzius:* Ueber den Bau der Oberflächenschicht des Grosshirnrinde beim Menschen, etc. Stockholm, 1891.

(4) *Schaffer:* Beitrag zur Histologie der Ammonshornformation. *Arch. f. mik. Anat.*, Bd. 39, 1892.

longan á lo largo de la zona molecular, que invaden casi en totalidad, y suministran hacia abajo expansiones ó cordones de forma y dimensiones muy variables. Es indudable que algunos de los islotes profundos que aparecen aislados, no representan otra cosa que la sección de un apéndice de los islotes más extensos y superficiales.

Como es natural, nuestra atención se ha fijado en la estructura

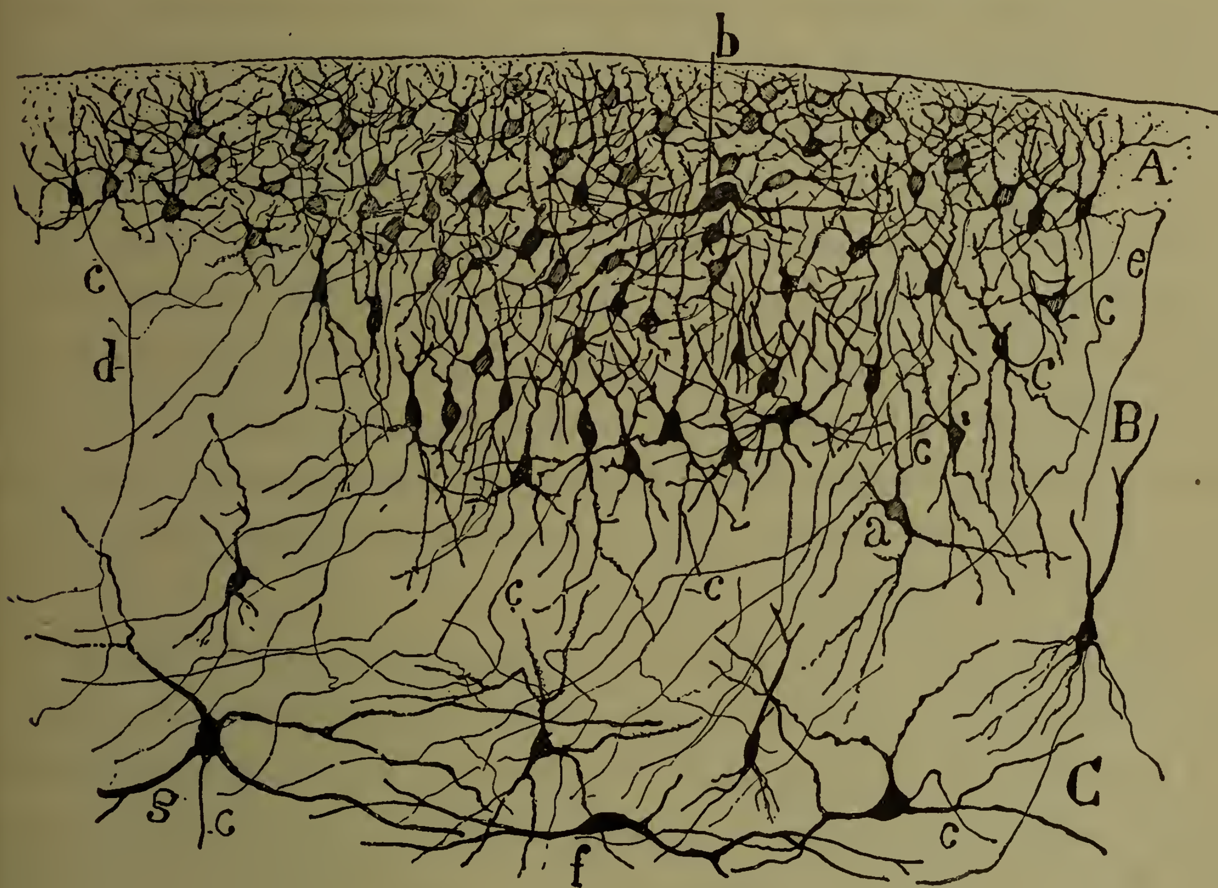


Fig. 3.—Un islote del tubérculo olfatorio del conejo de ocho días.—A, capa molecular sumamente delgada; B, capa de las pirámides pequeñas y medianas; C, capa de las células polimorfas; *b*, célula semilunar gruesa; *a*, célula pequeña cuyo cilindro-eje era ascendente; *d*, cilindro-eje descendente de otra célula pequeña; *e*, otra expansión nerviosa que ascendía para bajar después; *f*, gruesa célula fusiforme de la capa más profunda; *g*, célula estrellada cuya prolongación nerviosa descendía.

Nota: la letra *c*, señala las expansiones nerviosas.

de los mencionados acúmulos, habiéndolos estudiado de preferencia en el conejo común y ratón, y por los métodos de Weigert y Golgi.

En el conejo de ocho días, los islotes muestran la composición que revela la fig. 3. Se advierten claramente dos tipos celulares: el tipo pequeño ó estrellado; el tipo alargado y grande.

El tipo pequeño, yace en la porción superficial del islote, invadiendo una gran parte de la capa molecular que queda reducida á

un delgadísimo limbo (fig. 3, *A*). Se trata de corpúsculos pequeñísimos, mucho más diminutos que los piramidales pequeños de la corteza típica, de forma estrellada y provistos de finas expansiones varicosas divergentes, cuya delicadeza y trayecto irregular hacén muy difícil su pesquisa. Estas expansiones parecen terminar libremente á poco trecho ; una gran parte de ellas de dirección ascendente, acaba en la zona molecular. El cilindro-eje es de una finura extraordinaria y su persecución es punto menos que imposible ; con frecuencia no se le puede distinguir en el laberinto de fibras en que las células yacen ; pero en algún caso hemos logrado seguirlo (fig. 3, *e*, *d*) en su curso descendente y oblícuo, habiendo notado que suministra colaterales para las zonas subsiguientes, pareciendo marchar hacia la substancia blanca. En la fibra *d*, fig. 3, lógrase ver que una colateral se hacía recurrente, para ingresar en la zona molecular. A menudo, dichos cilindros-ejes marchan primeramente horizontales y aun ascendentes *(e)*, para hacerse más adelante descendentes y sumergirse en la proximidad de la substancia blanca.

El tipo segundo ó alargado, se encuentra en las zonas profundas del islote. Se trata de elementos de mayor talla, ya fusiformes, ya triangulares, ya piramidales, provistos en su mayor parte de tallo radial ó expansiones protoplasmáticas ascendentes y de prolongaciones basilares ó descendentes. La cantidad de protoplasma es ya bastante abundante, á diferencia del tipo anterior, cuyo núcleo apenas se reviste de delgada zona de esta substancia. Las expansiones ascendentes suben hasta la zona molecular ó hasta cerca de ella, mostrándose ásperas y como espinosas ; las descendentes se adelgazan y dicotomizan sucesivamente, acabando ya dentro del mismo islote, ya algo más abajo. En cuanto al cilindro-eje, mucho más perceptible y espeso que en las células de la parte superficial, sale del cuerpo ó de una expansión protoplasmática, desciende oblícuamente á través de la capa de los corpúsculos polimorfos, é ingresa en la substancia blanca después de haber repartido algunas colaterales. En ciertas células, el cilindro-eje se mostraba ascendente y parecía repartirse en la zona molecular (fig. 3, *a*).

Entre las células pequeñas ó superficiales y las grandes ó pro-

fundas, existen todas las transiciones de forma y dimensión, de modo que sólo artificialmente pueden distinguirse en dos estratos. En algún caso la transición aparece interrumpida por la presencia de gruesas células estrelladas ó fusiformes, como la que se advierte en *b*, fig. 3, cuyas expansiones marchaban en gran parte horizontales. El cilindro eje de estas células, aunque no completamente estudiado, nos ha parecido comportarse como el de los corpúsculos de Golgi.

¿Qué significación tienen los islotes que acabamos de mencionar? En nuestro sentir, se trata de acúmulos de pirámides, cuya presión recíproca ha atrofiado las expansiones protoplasmáticas, disminuyendo correlativamente la dimensión de los cuerpos celulares y prestando á estos corpúsculos un aspecto característico. Los elementos alargados ó profundos corresponderían á las pirámides gruesas y los estrellados ó superficiales á las pirámides pequeñas de la corteza típica.

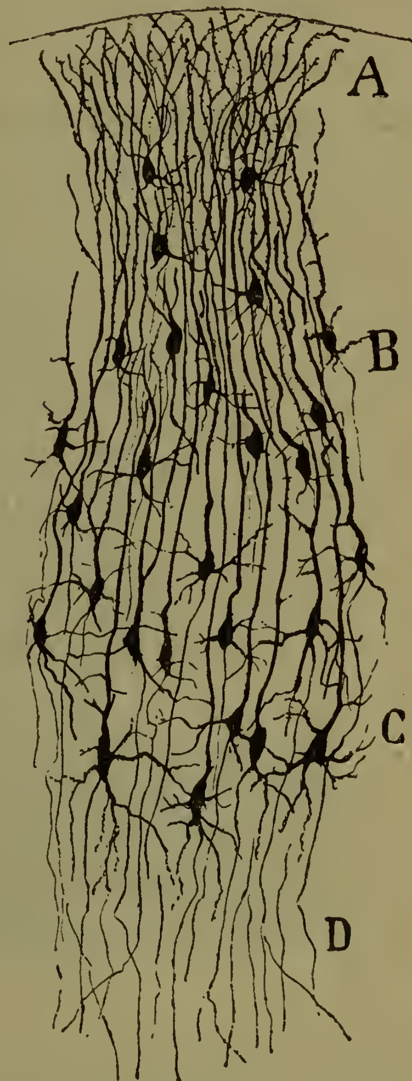


Fig. 4.—Un islote de pirámides del tubérculo olfatorio del conejillo de indias recién nacido.—A, capa molecular; B, zona de pequeñas pirámides; C, zona de medianas y acaso gigantes pirámides; D, cilindros-ejes descendentes.

Los islotes de pirámides existen también en los demás mamíferos de pequeña talla con ligeras variantes. En el conejillo de Indias, se nos han presentado, además de los islotes ordinarios grandes é irregulares, otros más pequeños y con una ordenación más regular de las pirámides que los integran (fig. 4). Los elementos del acúmulo de la figura 4 mostrábanse casi francamente piramidales en la zona profunda é intermedia, y solamente estrellados en la región más superficial. Los tallos radiales de las pirámides profundas y medias, podían perseguirse hasta la misma capa molecular, donde se ramificaban en ángulos agudos, construyendo por su reunión un penacho ascendente apretado, bien

distinto del plexo flojo y ancho que, en las zonas cercanas de dicha capa, constituyen las pirámides ordinarias. Los cilindros-ejes son descendentes y forman un haz de hebras finas, que se pierden en la substancia blanca.

Las preparaciones coloreadas por el proceder de Weigert-Pal, y subsiguientemente teñidas por el carmín, son muy demostrativas en el conejillo de Indias (fig. 5).

El carmín muestra teñidos en rojo (por la abundancia de núcleo), los islotes, cuya forma y posición varía mucho según las

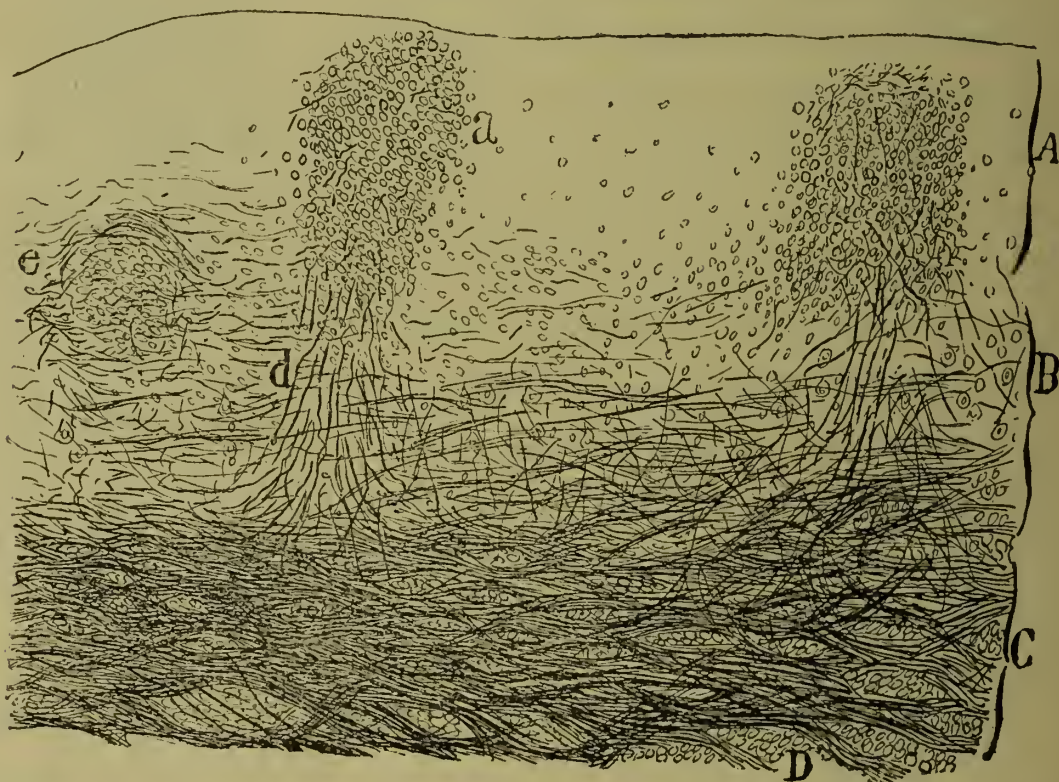


Fig. 5.—Corte antero-posterior del tubérculo olfatorio del conejillo de Indias, de un mes.— Método de Weigert-Pal. —A, capa molecular; B, zona de las pirámides y de las células polimorfas; C, substancia blanca é islotes celulares del cuerpo estriado; *a*, islote olfativo; *e*, otro situado más profundamente; *d*, fibras medulares que descienden de un islote de pirámides.

orientaciones del corte. El islote propiamente dicho apenas revela fibras meduladas ; suelen no obstante, verse algunas en la parte más elevada cortadas en direcciones varias y las cuales pudieran muy bien representar cilindros-ejes ascendentes. Pero en cambio, del interior de cada islote, cuando éste es vertical, descienden varias fibras meduladas, relativamente espesas, que ganan la zona plexiforme para dispersarse en ella y alcanzar la substancia blanca.

El método de Weigert-Pal no proporciona imágenes tan con-

cluyentes en el conejo, efecto de la magnitud é irregularidad de los islotes. No obstante, se comprueba también el nacimiento de fibras medulares especiales, que tomando origen ya debajo, ya en los lados de los islotes, acaban por ganar la zona plexiforme.

Plexo nervioso de los islotes olfativos. — En las preparaciones en que, por sobra de induración en la mezcla osmio-bicrómica, las células de los islotes no se impregnan, se revela frecuente-

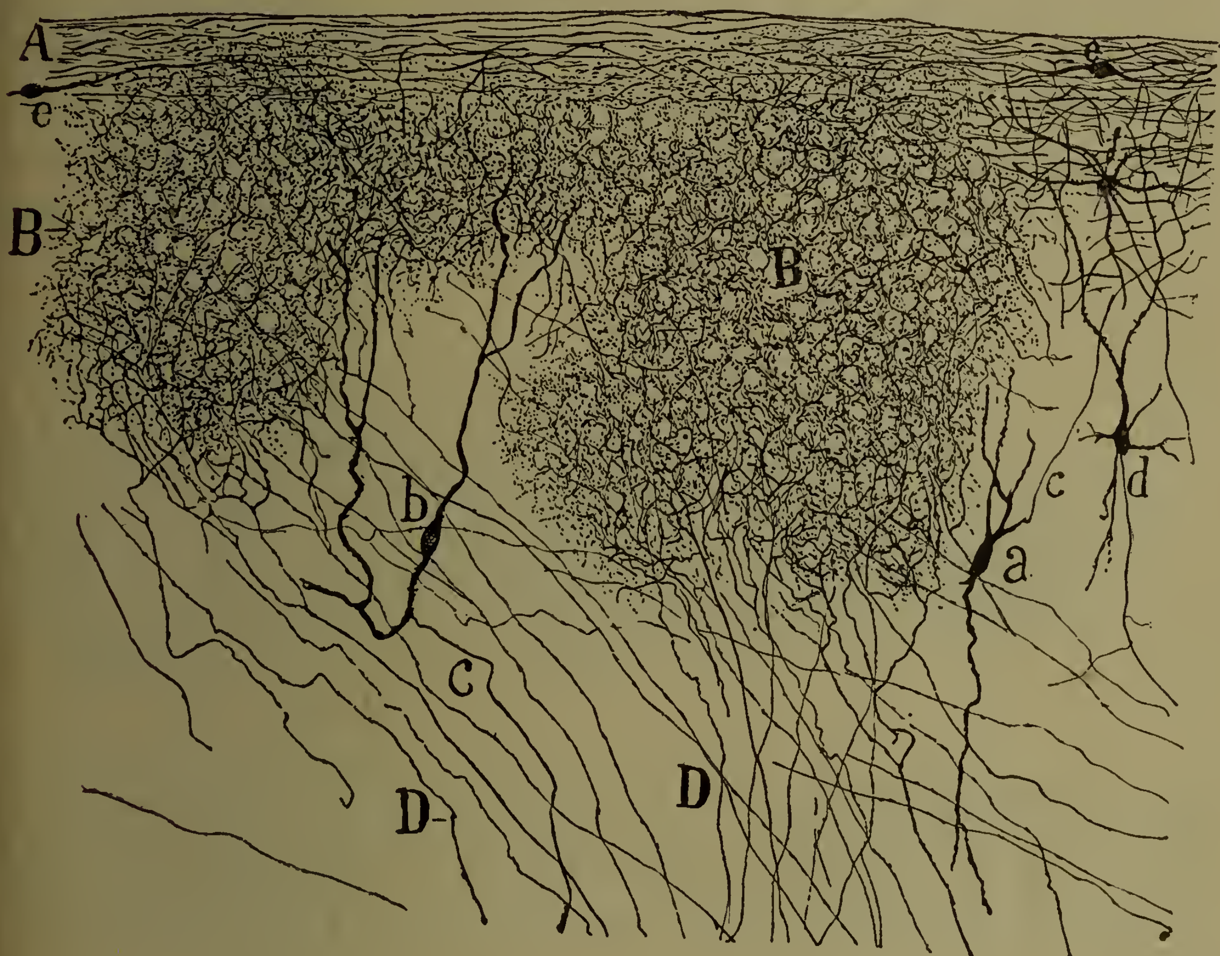


Fig. 6. — Islotes de pirámides del tubérculo olfativo del conejo. Se han teñido á favor del método de Golgi, casi exclusivamente, las arborizaciones nerviosas terminales. — A, capa molecular extrechada; B, islotes de pirámides; D, fibras nerviosas arborizadas en los islotes; *a*, célula fusiforme con cilindro-eje ascendente; *d*, una pirámide común; *b*, célula fusiforme de cilindro-eje descendente; *e*, fusiforme de la capa molecular.

mente un plexo tupidísimo, de una riqueza tal, que no admite comparación con ninguno de los conocidos. A medianos aumentos (150 á 300), este plexo aparece bajo la forma de una masa granulosa color rojo ladrillo, que comprende todo el islote y en la cual se ven acá y allá, los huecos correspondientes á los cuerpos celulares. Con un objetivo fuerte, tal como el E ó el F Zeiss, puede uno convencerse que la susodicha masa granulosa, está en realidad compuesta de arborizaciones nerviosas varicosí-

simas, de extraordinaria finura y dispuestas en apretado plexo en torno de los corpúsculos del islote, y en todo el espesor de éste, desde la capa molecular hasta sus límites inferiores (fig. 6, *B*).

Una inspección atenta de la frontera inferior del plexo mencionado, nos revelará que casi todas las fibrillas que lo componen, representan la arborización final de fibras nerviosas finas, varicosas, que descienden oblícuamente, pudiéndolas seguir en casos favorables hasta cerca de la substancia blanca. El trayecto de estas fibras es á veces horizontal, y no es raro advertir que se reunen en hacecillos de gran delicadeza.

¿De dónde emanan estas singulares fibras, y qué significación tiene, por lo tanto, el tupidísimo plexo terminal en los islotes? En

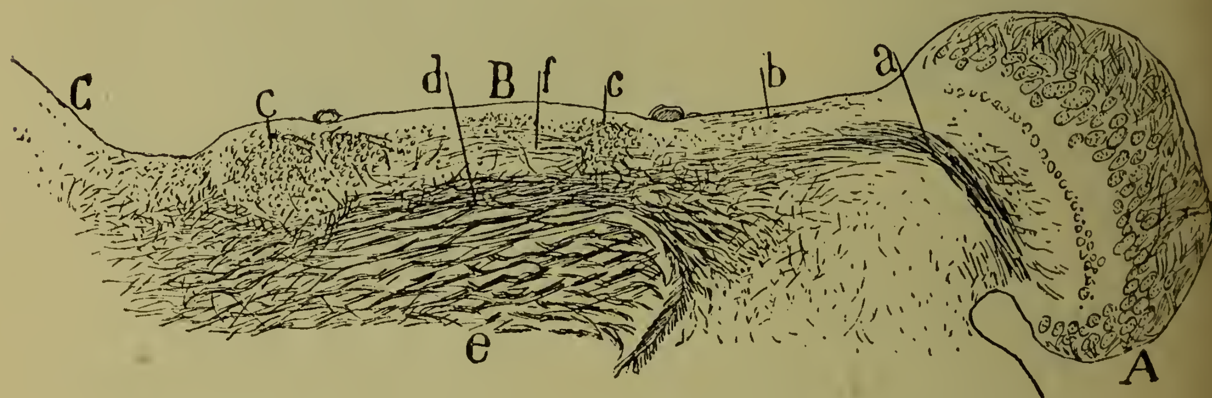


Fig. 7. — Corte antero-posterior del bulbo olfatorio, tractus y tubérculo olfatorio. Método de Weigert-Pal. — A, bulbo olfatorio; B, tubérculo; *c*, comienzo del lóbulo esfenoidal del cerebro; *a*, haces de fibras meduladas que ingresan en la región profunda del tractus y tubérculo olfatorio; *b*, fibras meduladas de la capa molecular; *c*, islotes de pirámides; *f*, capa plexiforme ó de las células polimorfas; *d*, capa de substancia blanca; *e*, parte del cuerpo estriado. (Conejo adulto).

un principio, y habiendo notado que muchas fibras marchaban horizontalmente pareciendo ganar la capa molecular, nos inclinábamos á considerarlas como fibras llegadas del bulbo olfatorio, continuadas con la masa de tubos nerviosos yacente en el arranque de la raiz externa. Pero habiéndonos convencido ulteriormente de que muchas de las mencionadas fibras terminales marchan más ó menos oblícuamente hacia la substancia blanca, hemos debido suspender nuestro juicio en espera de nuevas y más profundas indagaciones.

En realidad, no es inverosímil admitir que las fibras terminales de los islotes provengan del bulbo olfatorio. Cuando se examina una preparación de este órgano y tubérculo olfatorio colo-

reados por el proceder de Weigert-Pal, se observa siempre una masa de fibras meduladas (fig. 7, *a*), que, separándose de los haces que forman la substancia blanca del bulbo, se hunden horizontalmente en las capas medias y profundas del tubérculo olfatorio, confundiéndose sus tubos con los de la zona plexiforme de este órgano. Ahora bien; nada tendría de extraño que algunas de tales fibras bulbares, viniesen á continuarse con las que forman las arborizaciones terminales de los islotes. Esta conjetura se refuerza, recordando que las fibras bulbares destinadas al tubérculo son finas como las que arriban á los islotes, á diferencia de las que constituyen la raiz externa del nervio olfatorio, que son las más espesas.

3.º *Capa plexiforme ó de las células polimorfas* — Cuando esta zona se examina en cortes teñidos por el proceder de Weigert-Pal (fig. 5, *B*), se advierte que es muy rica en fibras de mielina, y que éstas, en vez de disponerse en haces verticales, á la manera de la corteza típica, se ordenan en fascículos, ya oblícuos, ya horizontales, que dejan entre sí espacio para las células nerviosas. Como existen también algunas fibras verticales, el plexo nervioso de esta capa se irregulariza tanto, que no consiente una descripción detallada.

Las células de esta zona son en su mayor parte de gran talla (fig. 3, *f*, *g*) y de gruesas expansiones divergentes, de las cuales, las dirigidas hacia la superficie, no suelen abordar la capa molecular. La forma y tamaño de estas células son harto variables, tanto que es difícil comprenderlas en una descripción común: la mayor parte de elementos que hemos observado, ostentaban una figura en huso y se presentaban, ya oblícuos, ya horizontales, ya verticales. Entre los horizontales, algunos alcanzaban una talla gigante, estando provistos de larguísimas expansiones protoplasmáticas, que se ramificaban en las zonas inmediatas. Existen también corpúsculos triangulares, semilunares y aun francamente piramidales, como en la zona de células polimorfas de la corteza típica. El cilindro-eje de todas estas células nos ha parecido dirigirse hacia la substancia blanca inmediata, tomando participación en la formación de los fascículos más ó menos horizontales, que cruzan la zona que estudiamos. En suma, la anarquía más com-

pleta de formas y de tamaños, reina en las células de esta zona, particularmente en la vecindad de los islotes, lo que quizá se deba á la presencia de éstos, es decir, al desorden de orientación que la presión de tales acúmulos debió producir, durante la época evolutiva, en los neuroblastos de las partes intermediarias. Esto mismo hace difícil la comparación de los elementos yacentes en estas regiones con los correspondientes de la corteza típica. El desorden de orientación y de formas, se exagera todavía en la vecindad de la cisura de Sylvio, donde nos ha parecido que las células poseen, en general, una talla menor que en el resto del tubérculo.

Entre las células de difícil comparación con las de la corteza ordinaria, figuran unos corpúsculos fusiformes (fig. 6, *b*), cuya expansión protoplasmática descendente se dobla para hacerse vertical y ramificarse; el cilindro-eje procede de dicha expansión é ingresa en la substancia blanca. Hemos visto asimismo elementos fusiformes con cilindro-eje ascendente enteramente asimilables á los que Martinotti y Cajal descubrieron en el cerebro, y finalmente se notan á veces elementos estrellados gruesos, de expansiones varicosas, cuyo cilindro-eje, arborizado en la zona plexiforme, se asemeja por completo al de las células de Golgi.

Substancia blanca.—Representa en su parte superficial (figura 7, *d*) simple condensación de la zona precedente, y se continua por su límite profundo con los hacecillos plexiformes del cuerpo estriado (fig. 7, *e*). Las preparaciones con el método de Weigert-Pal, muestran las fibras medulares dispuestas en hacecillos horizontales, cuya continuación hacia la superficie con cilindros-ejes de los islotes y pirámides de la corteza, y hacia lo profundo con fibras del cuerpo estriado, puede establecerse distintamente, no sólo en dichas preparaciones, sino en las coloreadas con el cromato de plata.

La región inmediata del cuerpo estriado, se halla á menudo tan próxima á la corteza del tubérculo, que se tomaría fácilmente como una zona de éste. Esta parte del cuerpo estriado consta de: 1.°, hacecillos ya horizontales, ya oblícuos que se anastomosan entre sí, formando un plexo que recuerda el del bulbo olfatorio (capa de los granos), y 2.°, islotes celulares apretadísimos, cuyos

elementos recuerdan por lo pequeños, los de los islotes olfatorio. (Fig. 5, *D*).

Estos islotes, de forma varia, estrechos y paralelos en la proximidad de la substancia blanca del tubérculo, más anchos en regiones profundas, se componen de pequeñas células estrelladas, cuyas expansiones, varias veces dicotomizadas, corren en todos

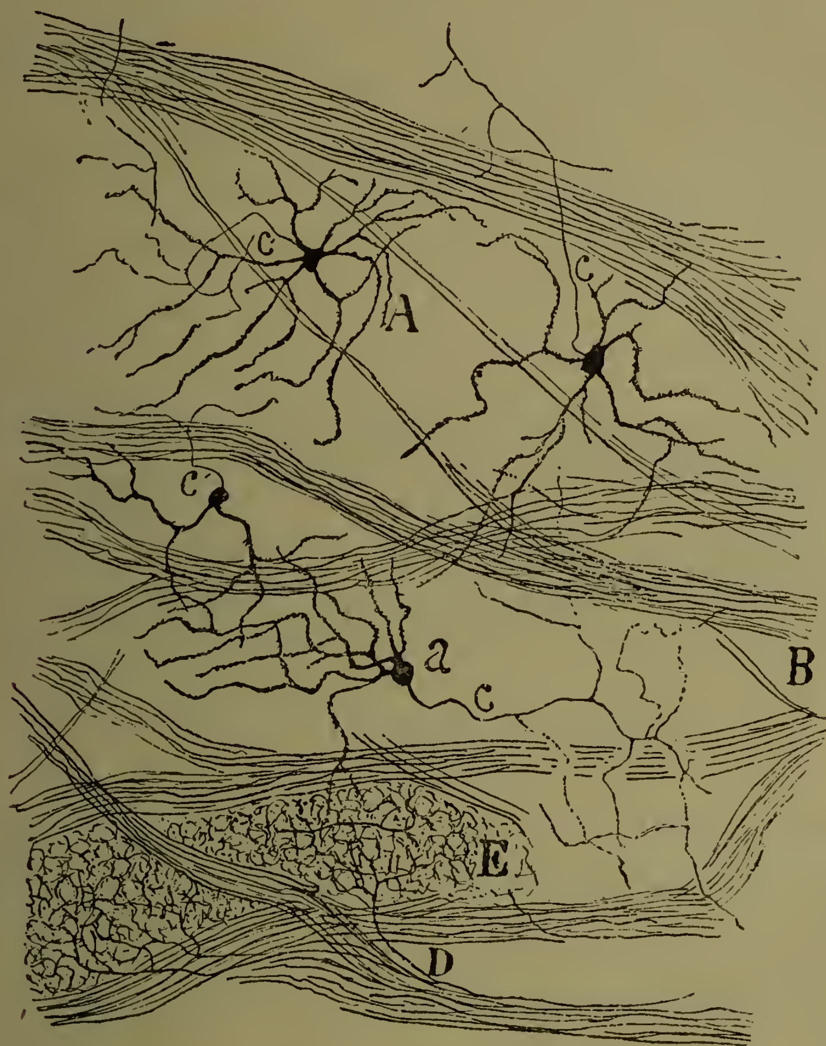


Fig. 8.—Islotes del cuerpo estriado del conejillo de Indias recién nacido.—Región subyacente al tubérculo olfatorio. —A, célula nerviosa estrellada; *c*, cilindros-ejes; B, fascículos de fibras nerviosas; E, arborizaciones terminales en los islotes de células.

sentidos. Estas prolongaciones protoplasmáticas, de curso flexuoso, y cuya ramificación puede extenderse á dos ó más islotes próximos, se caracterizan también por un contorno fuertemente espinoso, disposición que ya hizo notar P. Ramón en las aves y que ha sido detalladamente descrita por Cl. Sala en los embriones de pollo (1).

El cilindro-eje que exhibe gran delicadeza, emerge indistinta-

(1) *Claudio Sala:* La corteza cerebral de las aves. Madrid, 1893.

mente de cualquier lado de la célula, y acaba á poco trecho, perdiendo su individualidad por una arborización varicosa bastante extensa, cuyas ramitas se extienden á dos ó más islotes (fig. 8, *c*). La reunión de estas arborizaciones forman en cada islote un plexo tupido, en cuyas mallas se encierran los corpúsculos estrellados que describimos. No hemos podido hallar en esta parte del cuerpo estriado células de cilindro-eje largo como las que recientemente ha descrito (en las aves) Cl. Sala en el ganglio fundamental ó *Stammganglion* de Edinger, que corresponde probablemente al cuerpo estriado de los mamíferos.

En ciertas preparaciones en que las células del cuerpo estriado no aparecen impregnadas, se perciben, en cambio, ciertas fibras, que, desprendiéndose de los fascículos nerviosos, se arborizan en el espesor de los islotes, constituyendo entre las células un plexo nervioso varicoso y sumamente intrincado. Imposible es saber de dónde dimanan tales fibras, que en algún caso nos han parecido ascendentes, como si vinieran de lo profundo del cuerpo estriado (fig. 8, *D*).

REGIÓN DE LA RAIZ EXTERNA

La región de la raiz externa es muy extensa, comprendiendo en su trayecto antero-posterior una zona correspondiente al lóbulo frontal y otra correspondiente á la cara inferior del esferoidal. Ambas están separadas por la cisura de Sylvio, que en los pequeños mamíferos, tales como el ratón, rata y conejo, es poco profunda. La raiz externa se observa ya á la simple vista saltar dicha cisura, para cubrir una parte del lóbulo esferoidal.

Un primer examen de cortes antero-posteriores paralelos á la raiz externa, y teñidos por el proceder de Weigert-Pal, es muy útil para el estudio de dicha raiz (fig. 9, *a*). La raiz penetra en el espesor del bulbo, esparciendo sus fibras en forma de abanico, y continuándose con los hacecillos nerviosos de la zona de los granos. Una vez formada la raiz, dirígese hacia atrás en línea recta, salva la depresión correspondiente á la cisura de Sylvio, y termina, adelgazándose paulatinamente, en la superficie del lóbulo esferoidal. Ningún manojo de los constituyentes de la raiz externa

atraviesa la zona molecular subyacente para alcanzar la substancia gris; todas las fibras meduladas, sin excepción, se terminan en la capa molecular, en la cual penetran muy oblícuamente sin rebasar jamás las pirámides superficiales. Debajo de la zona molecular, estas mismas preparaciones de Weigert-Pal, sobre todo si han sido teñidas por el carmín, revelan una ancha y apretada faja de pirámides, caracterizada, sobre todo, por las flexuosidades que en su curso antero-posterior exhibe, y por tanto, por su alejamiento variable de la raiz externa (fig. 9, *c*).

Del bulbo procede también, además de la corriente de fibras constituyentes de la raiz externa, otro manojo espeso, situado

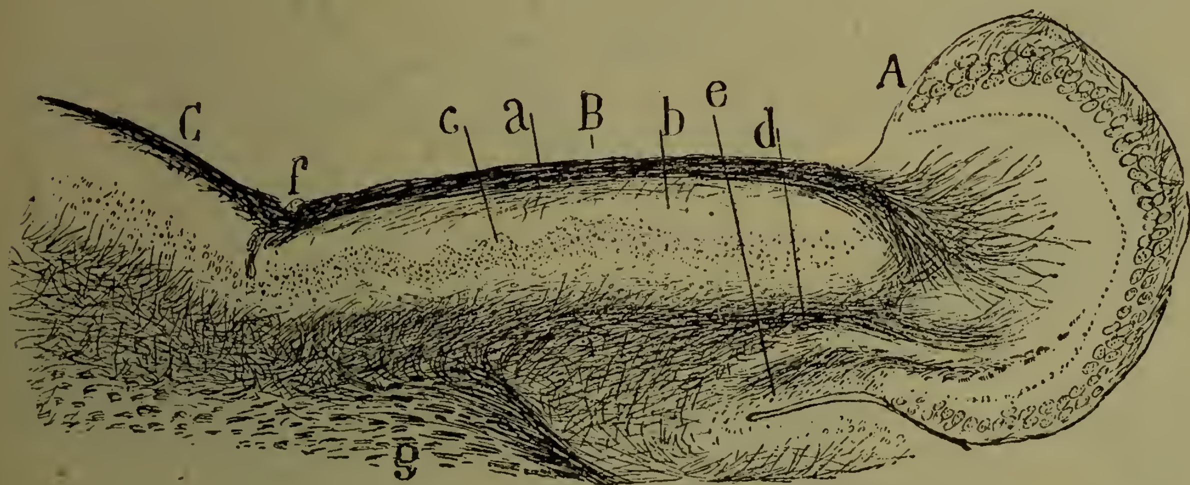


Fig. 9. — Corte antero-posterior, algo oblícuo, á lo largo de la raiz externa del nervio olfatorio. — Conejo adulto. — Método de Weigert-Pal. — A, bulbo olfatorio; B, región de la raiz externa en el lóbulo frontal; C, raiz externa en el lóbulo esfenoidal; *a*, fibras de la raiz externa; *b*, capa molecular subyacente; *c*, capa de las pirámides; *d*, corriente profunda de fibras nerviosas, llegada del bulbo olfatorio; *e*, fibras nerviosas del bulbo que van á la substancia blanca de la región superior del tractus ó nervio olfatorio; *f*, cisura de Sylvio; *g*, cuerpo estriado subyacente.

profundamente (fig. 9, *d*), que se prolonga con la capa de substancia blanca del espesor de la región cerebral, cubierta por dicha raiz.

Las fibras meduladas de esta corriente profunda, nos han parecido algo más delgadas que las de la raiz externa, y provienen indudablemente de todo el espesor del bulbo, como puede notarse en la fig. 9. Para ser completos, mencionaremos aún un grupo de fibras, las cuales en la fig. 9 aparecen seccionadas de través (fig. 9, *e*), y que parecen reunir la porción superior del bulbo con la corteza cerebral del plano superior del tractus, es decir, con lo que pudiéramos considerar como la substancia blanca de

esta región cortical. En suma; del bulbo vienen dos corrientes profundas : una para la substancia blanca de la corteza inferior; otra para la de la corteza superior del tractus.

¿De dónde vienen las fibras de la raiz externa y las de la corriente profunda? Respecto de las primeras, nuestras investigaciones prueban indudablemente que se continuan con los cilin-

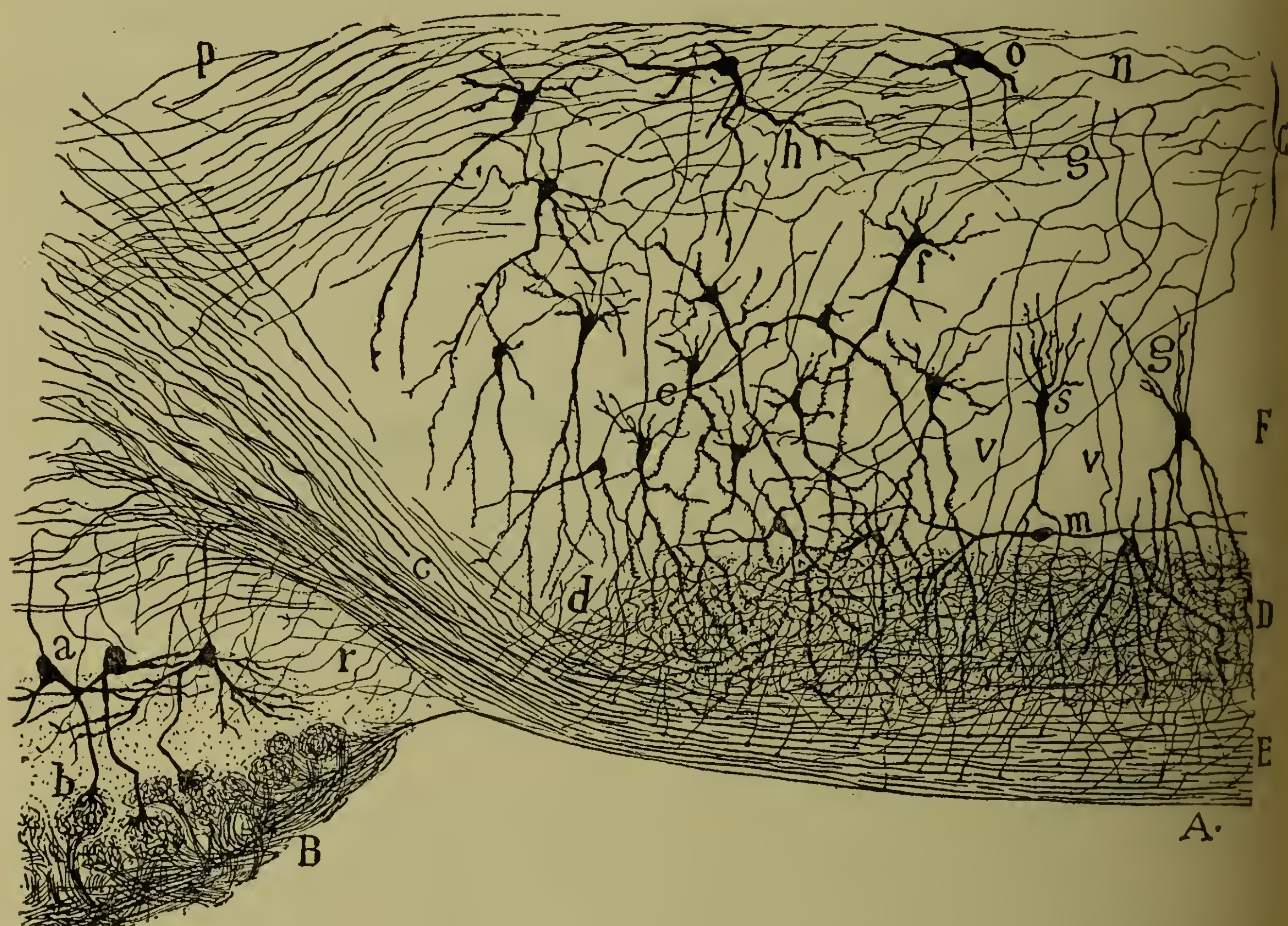


Fig. 10.—Corte antero-posterior del tractus y bulbo olfatorio del cerebro del ratón de quince días. — Método de Golgi. — A, raíz externa del nervio olfatorio; B, bulbo olfatorio; D, capa molecular de la substancia gris subyacente á la raiz; F, capa de las pirámides; C, capa de las células polimorfas; *a*, células mitrales del bulbo; *b*, glomérulo olfativo; *c*, cilindros-ejes de células empenachadas constituyentes de la raiz externa; *d*, colaterales de la raíz distribuidas por la capa molecular; *e*, *f*, pirámides; *g*, gruesa célula estrellada; *h*, cilindro-eje de una célula triangular; *o*, célula polimorfa; *n*, fibras nerviosas de la capa de las células polimorfas; *v*, cilindros-ejes ascendentes; *m*, una célula fusiforme horizontal; *v*, colaterales de la raíz externa para el bulbo.

dro-ejes de las células mitrales, si no de manera exclusiva, por lo menos en su mayor parte. Esto aparece clarísimamente en los cortes teñidos por el método de Golgi, que comprenden á un tiempo y en dirección paralela á las fibras, la raiz externa y el bulbo olfatorio (fig. 10, *c*). Las buenas preparaciones muestran también que las fibras de la raiz externa, mientras circulan por el bulbo,

suministran colaterales descendentes, que se ramifican en el espesor de la zona molecular, y quizás también entre los granos. Por lo demás, estas colaterales fueron indicadas ya por Pedro Ramón (1) en el bulbo olfatorio de las aves, y han sido perfectamente estudiadas en los mamíferos por Van Gehuchten y Martín (2).

Para penetrar más profundamente en el estudio de la estructura de la substancia gris cubierta por la raiz externa, así como para determinar la conexion que, en esta región, se establece entre dicha raiz y las pirámides cerebrales, es indispensable aplicar el método de Golgi. Los mejores resultados se obtienen en el conejillo de Indias recién nacido y en el conejo común de ocho á doce días

La estructura de esta región fue ya estudiada por Golgi con ayuda de su valiosísimo método (3). Señala este autor la existencia de tres capas : 1.ª, estrato de substancia blanca, formada por la raiz externa; 2.ª, estrato de substancia gris muy espesa con células ganglionares especialmente acumuladas en su plano profundo ; 3.º, zona intermedia á las precedentes, compuesta de haces de fibras nerviosas de varia procedencia, las cuales se esparcen y pierden en el estrato gris. La citada zona gris, exhibe, según Golgi, células de forma varia, dominando las piramidales y las fusiformes (éstas abundarían en las zonas profundas donde existen fibras paralelas). Estas células corresponden á los dos tipos sensitivo ý motor ; pero mientras las sensitivas (células cuyo cilindro-eje pierde su individualidad á fuerza de ramificarse) dominan en la porción superficial de la substancia gris, es decir, cerca del *tractus*, las motoras (células de cilindro-eje largo, provisto de colaterales y continuado con un tubo de la substancia blanca) residirán de preferencia en la zona profunda. Las fibras nerviosas del *tractus* (raiz externa), descenderían oblícuamente á la substancia gris, donde se descompondrían en un gran número de fibras, las cuales, subdividiéndose sucesivamente, se distribuirían

(1) *P. Ramon :* Estructura del bulbo olfatorio de las aves. *Gac. san. de Barcelona.* Junio, 1890.

(2) *Van Gehuchten et Martin* : Le bulbe olfatif de quelques mamiferes. *La cellule.* Tomo VII, 20 fasc. 1891.

(3) *Golgi* : Sulla fina Anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. Milano 1886, pág. 123 y siguientes.

en una gran porción de dicha substancia, constituyendo, en unión de las fibrillas nerviosas emanadas de las células sensitivas, y de las colaterales de las expansiones nerviosas de las motoras, una red difusa que abarcaría todo el espesor de la substancia gris subyacente al *tractus*.

Esta descripción de Golgi, encierra algunas verdades, tales como el descenso oblícuo de las fibras del *tractus* y la ramificación de éstas en la substancia gris, la existencia de células fusiformes y piramidales, etc. ; pero en general resulta tan fuertemente esquemática, y tan imbuída de la doctrina hoy abandonada, de las redes nerviosas intersticiales de los centros, que se deja comparar muy difícilmente con los resultados que nosotros hemos obtenido en los mamíferos de pequeña talla. La ausencia de dibujos referentes á este interesante punto, en el citado trabajo de Golgi, contribuye no poco á la obscuridad de la descripción.

Las capas que nosotros hemos hallado en la corteza cerebral cubierta por el *tractus* ó raiz externa, son: 1.ª, zona fibrilar ó de la raiz externa ; 2.ª, capa molecular ; 3.ª, capa de las pirámides pequeñas y grandes ; 4.ª, capa plexiforme ó de los corpúsculos polimorfos ; 6.ª, capa de la subtancia blanca.

Capa fibrilar ó de la raíz externa. — Se tiñe bastante bien en el conejo de cuatro á ocho días, en el ratón de veinte á veinticinco días, y en el conejillo de Indias recién nacido, es decir, antes de que la mielina se forme, ó en ocasión en que esta cubierta comienza á constituirse. La mayor parte de las fibras nerviosas aparecen varicosas, espesas y en dirección paralela á la raiz. No obstante se hallan también fibras oblícuas y hasta transversales, que probablemente corresponden á tubos radiculares que cambian de dirección para terminar. Existen asimismo fibras más delgadas que las otras, y puede comprobarse que alguna de aquellas se dobla ó inclina hacia abajo para penetrar y ramificarse en la zona molecular, entre los penachos terminales de las pirámides. Un modo bastante común de terminar nos ha parecido el siguiente : la fibra, primeramente horizontal, se inclina levemente hacia abajo, insinuándose muy oblícuamente en la zona molecular, donde acaba suministrando en ángulo recto muchas ramitas cortas, ramificadas y libremente terminadas (fig. 11, *a*). Algunas fibras parecen bifur-

carse en el espesor de la raiz externa, produciendo una fibra que continua el trayecto primitivo, y otra, que desciende para terminar, en la zona molecular. A veces la fibra originaria forma dos ó tres que corren horizontales aunque en dirección distinta por el espesor de la raiz externa, quizás para inclinarse y acabar en distintas regiones de la corteza subyacente.

Un hecho de la mayor importancia fue descubierto por Cajal (1) en la raiz externa del ratón de pocos días, y ha sido confirmado por nosotros en el conejo, conejillo de indias y rata: me



Fig. 11. — Corte antero-posterior de la raiz externa del nervio olfatorio del ratón de treinta días. — A, fibras de la raiz externa; B, capa molecular subyacente; C, capa de las pirámides pequeñas y medianas; *a*, arborización terminal de una fibra radicular: *b*, colateral ramificada en la capa molecular; *c*, fibra radicular que cambia de dirección, bifurcándose en dos ramas horizontales; *d*, cilindro-eje espeso que se ramifica por la zona molecular y la de las pirámides; *n*, cilindro-eje ascendente; *m*, terminación de una radicular.

refiero á las colaterales de la raiz externa. Estas colaterales son abundantísimas, parten ya en ángulo recto, ya en ángulo obtuso, del trayecto de las fibras radiculares y, descendiendo á la zona molecular contígua, se terminan por una arborización varicosa cu-

(1) *Cajal:* Sobre la existencia de bifurcaciones y colaterales en los nervios sensitivos y substancia blanca del cerebro. *Gac. san. de Barcelona.* Abril 1891.

yas ramitas divergen descendiendo, como puede verse en la figura 11, *b*. Existen colaterales gruesas, tan espesas que deben en realidad estimarse como ramas de bifurcación; otras son finas y apenas menoscaban el espesor originario de la fibra radicular; las hay cortas y apenas ramificadas; finalmente, vénse algunas cuyas arborizaciones descendentes son tan extensas, que abarcan todo el espesor de la capa molecular. Ciertas colaterales emergen, en ángulo muy agudo, y antes de descender, caminan horizontalmente un buen trecho.

Las arborizaciones de estas colaterales, así como las ramitas terminales de las fibras radiculares, constituyen en la capa molecular, un plexo nervioso de extraordinaria riqueza, tan rico ó más, que el de la substancia gris de la médula espinal. Este plexo *queda exclusivamente circunscrito á la zona molecular subyacente á la raiz, sin que jamás se vea una fibra radicular colateral ó terminal traspasar la hilera más alta de pirámides.* Este hecho tiene excepcional importancia, pues prueba que el penacho terminal de las pirámides, ramificado en la zona molecular, es el punto de aplicación de la impresión olfatoria, corroborándose así una vez más la doctrina de la polarización dinámica establecida por Cajal y Van Gehuchten: aquí como en otras partes del sistema nervioso, las expansiones protoplásmicas reciben la excitación nerviosa y el cilindro-eje se encarga de conducirla á otros elementos. Prueba también este hecho el papel funcional desempeñado por las expansiones protoplasmáticas, pues si éstas no sirvieran, como quiere Golgi, más que como raíces nutritivas, como chupadores del plasma, nos encontraríamos con que el movimiento sensorial olfatorio, quedaría interrumpido en la zona molecular. Es cierto que la zona molecular del *tractus*, posee también fibras nerviosas ascendentes, pero estas no son más abundantes en esta región que en otras de la corteza cerebral, donde han sido halladas por Martinotti y Cajal (Fig. 11, *n*, y fig. 10, *v*).

Zona molecular.—Muy espesa, la más espesa de toda la corteza cerebral, hallándose constituída por el entrecruzamiento de: 1.°, las colaterales y terminales de las fibras de la raiz externa; 2.°, los penachos periféricos de las pirámides subyacentes; 3.°, los cilindro-ejes ascendentes de células fusiformes profundas; 4.°, las

expansiones de células estrelladas y fusiformes autóctonas, es decir, yacentes en el espesor mismo de la zona molecular.

De las colaterales y terminales, hemos dicho ya lo principal. Sólo añadiremos que el plexo riquísimo que forman parece reforzarse en la inmediación de la hilera más alta de pirámides, así como en torno de elementos autóctonos de la capa molecular.

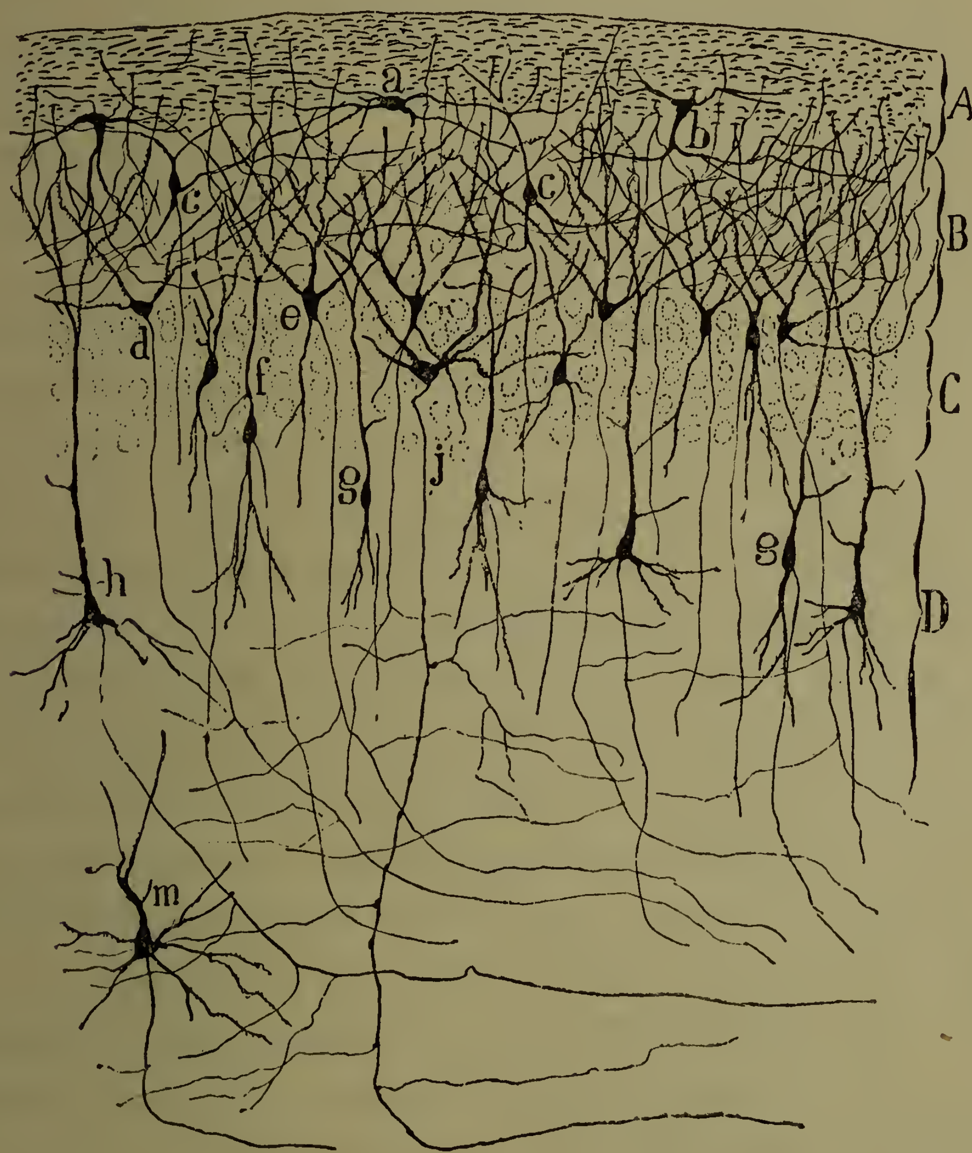


Fig. 12.—Corte transversal de la región de la raiz externa del nervio olfatorio del ratón adulto. (Región frontal). Método de Cox. — A, raiz externa cortada de través; B, capa molecular; C, capa de las pequeñas pirámides; D, capa de las grandes pirámides; *a* y *b*, células especiales de la capa molecular; *c*, célula de esta zona, cuyo cilindro-eje era descendente; *e*, *d*, pirámides más altas, cuya zona suele ser triangular; *g*, células fusiformes; *m*, célula de la capa de células polimorfas; *j*, grueso cilindro-eje de una célula triangular voluminosa de la zona de las pequeñas pirámides.

Las arborizaciones protoplasmáticas de las pirámides comprenden todo el espesor de la capa molecular, y en algunos puntos hasta parecen invadir la raiz externa. No obstante, las partes superiores y centrales de ésta no son nunca atravesadas por las ex-

pansiones protoplasmáticas. Por lo demás, tales prolongaciones son varicosas, á la manera de las de la corteza típica ; su dirección es variada, pero nos ha parecido que la mayor parte de dichos apéndices protoplasmáticos se orientan casi verticalmente fig. 12.

Las células autóctonas de la capa molecular, constituyen uno de los puntos de más difícil estudio del aparato olfatorio. Numerosas impregnaciones practicadas en el conejo recién nacido y de pocos días, no han servido, sino para convencernos de la poca ó ninguna afinidad que tales corpúsculos poseen para con el cromato argéntico. Los huecos que ellos ocupan se muestran como otras tantas incógnitas en medio del riquísimo plexo de colaterales cuya impregnación no suele faltar nunca.

Ultimamente, estudiando en cortes antero-posteriores teñidos por el método de Cox, la región de la raiz externa del cerebro del ratón, hemos logrado ver teñidas algunas células de dicha zona. Entre ellas, parecen dominar ciertos corpúsculos triangulares ó estrellados, provistos de expansiones protoplasmáticas ascendentes, laterales y descendentes (fig. 12, *c*). Las primeras alcanzan algunas veces la proximidad y aun el espesor de la raiz externa; las últimas, pueden llegar hasta más abajo de la zona de las pequeñas pirámides. El cilindro-eje fino y descendente, cruza la capa de las pirámides, para prolongarse quizás hasta la substancia blanca. En suma; estas células semejan pirámides dislocadas, que vivirían en el espesor de la zona molecular.

Sobre otras células fusiformes ó estrelladas, yacentes ya en el espesor, ya en el límite superior de la capa molecular, nuestras observaciones no son suficientes. La célula representada en *a*, figura 12, aparecía estrellada y de ramas, en gran parte, horizontales; la figurada en *b*, exhibía un cilindro-eje descendente, emergido de una rama protoplasmática. Es probable que algunas células correspondan al tipo pluripolar ó especial, descubierto por Cajal en la corteza cerebral típica.

Capa de las pirámides pequeñas y medianas.— Aparece formada por varias hileras apretadas de células, cuya dimensión acrece desde la superficie al centro.

La forma de estas células no es precisamente piramidal, como puede verse en las figs. 10 y 12. Las más altas, afectan una figura

ya semilunar, ya triangular, ya francamente estrellada. De lo alto del cuerpo surgen tres ó más ramas protoplasmáticas, que se ramifican en la zona molecular; de la parte inferior del cuerpo, procede una, rara vez dos, expansiones protoplasmáticas descendentes, ramificadas en el mismo espesor de la zona de las pequeñas pirámides. Hay células que, á semejanza de los granos del asta de Ammon, carecen de apéndice protoplasmático descendente (fig. 12, *d*).

Las pirámides, situadas en hileras más bajas, poseen de preferencia figura en huso (figs. 12, *f* y 10, *s*), con una expansión ascendente y otra ó varias descendentes, generalmente más cortas y delgadas. No faltan tampoco células de forma piramidal completamente iguales á las de la corteza típica. En la fig. 12, *j*, se ve un corpúsculo triangular voluminoso, desprovisto de expansión protoplasmática descendente, y cuyos apéndices divergentes superiores alcanzan la zona molecular. En cuanto al cilindro-eje, todas estas formas celulares se comportan lo mismo: generalmente, es fino y nace del cabo inferior del cuerpo celular, ó de una expansión protoplasmática; desciende verticalmente primero, y oblícuamente después, y se continua con una fibra medulada de la capa plexiforme ó de las células polimorfas. En su trayecto descendente, suministra varias colaterales, que se ramifican en su mayor parte en la zona de las gruesas pirámides. Es de notar en la fig. 12, *j*, el grueso cilindro-eje descendente que pudo seguirse hasta la substancia blanca, y cuyas colaterales, en número de cinco, marchaban horizontalmente por la zona plexiforme.

Zona de las gruesas pirámides. — Apenas discrepa de la anterior, de la que tampoco se limita correctamente; solamente se caracteriza por tener células piramidales más abundantes y más grandes (fig. 12, *h*). No faltan tampoco los corpúsculos fusiformes (fig. 12, *g*) y triangulares.

Zona plexiforme. — Está constituída, como la del tubérculo olfatorio, por hacecillos horizontales ú oblícuos, de tubos medulares, entre los cuales se hallan algunos elementos polimorfos.

Las fibras constituyentes de los hacecillos, que cruzan esta capa en todas direcciones, pero principalmente de un modo horizontal y oblícuo son, al menos en su mayor parte, simple prolongación de los cilindros-ejes de las células piramidales (pirámides

pequeñas y grandes). En la fig. 12 puede verse cómo estos cilindros-ejes descienden y se inclinan hacia atrás, para constituir hacecillos oblícuos ú horizontales, aun antes de alcanzar la substancia blanca. Aquí, como en el tubérculo olfatorio, falta la orientación perpendicular de los hacecillos de fibras nerviosas.

Pero es también indudable que una parte de este plexo nervioso, más ó menos horizontal, está construído de tubos llegados del bulbo y cuyo origen y terminaciones son todavía problemáticos (fig. 10, *p*).

Estas fibras llegadas del bulbo, donde se entremezclan con las de la raiz externa, nos han parecido más delgadas y varicosas (en las preparaciones del método de Golgi) que las constitutivas de esta, y una vez llegadas á la corteza del tractus, jamás las hemos visto terminar por células. ¿Serán tales fibras continuación de las empenachadas medias é inferiores de Cajal, cuyos cilindros-ejes son, como es sabido, sumamente delgados? ¿Corresponden quizás á las fibras centrífugas descritas por Cajal, que, llegando á la capa de los granos, se terminarían por extensas arborizaciones libres? No podemos, atendiendo solamente á lo que nuestras preparaciones revelan, decidirnos por ninguna de estas dos conjeturas, aunque á decir verdad, consideramos algo más verosímil la primera que la segunda, dado que las fibras centrífugas de Cajal son bastante robustas y las que nos ocupan se distinguen precisamente por su delicadeza.

En medio de esta zona plexiforme, se impregnan á menudo células que convienen bastante bien con las polimorfas de la corteza típica (fig. 10, *o*); su cilindro-eje se sumerge en la substancia blanca. Contiene también esta zona algún corpúsculo triangular ó fusiforme, cuyo cilindro-eje es ascendente, ingresando en la capa molecular, donde forma una arborización terminal extensa. El que figuramos en (fig. 11, *n*) pertenecía á esta especie, así como las fibras ascendentes *v* de la fig. 10.

En algunas preparaciones del ratón de un mes, hemos hallado al nivel de la zona de las pirámides pequeñas, dos especies de fibras gruesas. Unas ásperas, verticales, que á poco trecho parecían perder su individualidad (fig. 11, *e*) y alguna de cuyas ramitas recurrentes alcanzaban la zona molecular. En este caso

creemos verosímil se trate del cilindro-eje de una célula de Golgi que residiera en lo alto de la zona de las pequeñas pirámides y cuyo cuerpo no se hubiese impregnado.

La otra especie de fibras es más enigmática (fig. 11, *d*). Se trata de espesos y varicosos cilindros-ejes que recorren horizontal ú oblícuamente, ya el espesor de la zona de las pequeñas pirámides, ya el límite inferior de la capa molecular; en su trayecto suministran numerosas ramitas que se arborizan entre las pirámides pequeñas y medianas, y no es raro que el tallo mismo se consuma (como se veía en la fibra *d*, fig. 11) en la misma zona molecular. Ignoramos si semejantes fibras representan cilindros-ejes de gruesas células de Golgi, residentes entre las pirámides ó si pertenecen al trayecto terminal de fibras centrífugas llegadas de la substancia blanca.

CORTEZA ESFENOIDAL

En toda la región del lóbulo esfenoidal ocupada por la raiz externa, pero especialmente detrás del punto de terminación de esta raiz, la estructura cerebral presenta algunas modificaciones que recuerdan algo las que Cajal (1) ha descrito en la corteza occipital inferior del conejo, aunque existen también caracteres completamente especiales (2).

Como puede verse en la fig. 13, las zonas no son enteramente iguales á las correspondientes de la corteza típica. Las variaciones principales recaen al nivel de la zona de las pequeñas pirámides, que aparece dividida en dos subzonas bien distintas.

Por lo demás, las capas de esta parte de la corteza pueden denominarse: 1.°, zona molecular; 2.°, zona de las células semilu-

(1) *Cajal:* Estructura de la corteza occipital inferior. *Anal. de la Soc. Esp. de Hist. Nat.*, t. XXII, 1893.

(2) Según una carta de A. von Kölliker, que nos ha mostrado nuestro maestro el Dr. Cajal, y á la que acompañaba un dibujo de la corteza esfenoidal del gato recién nacido, el ilustre histólogo de Wurzburgo ha visto algo parecido á lo que nosotros describimos, pues figura células alargadas con dos penachos protoplasmáticos, uno ascendente y otro descendente, semejando los corpúsculos especiales del asta de Ammon. Esperamos el trabajo de dicho sabio, si es que publica su descubrimiento, para cotejarlo con lo que revelan nuestras preparaciones.

nares ó triangulares horizontales; 3.°, zona de las células fusiformes verticales; 4.°, zona de las pirámides (medianas y grandes), y 5.°, zona de los corpúsculos polimorfos.

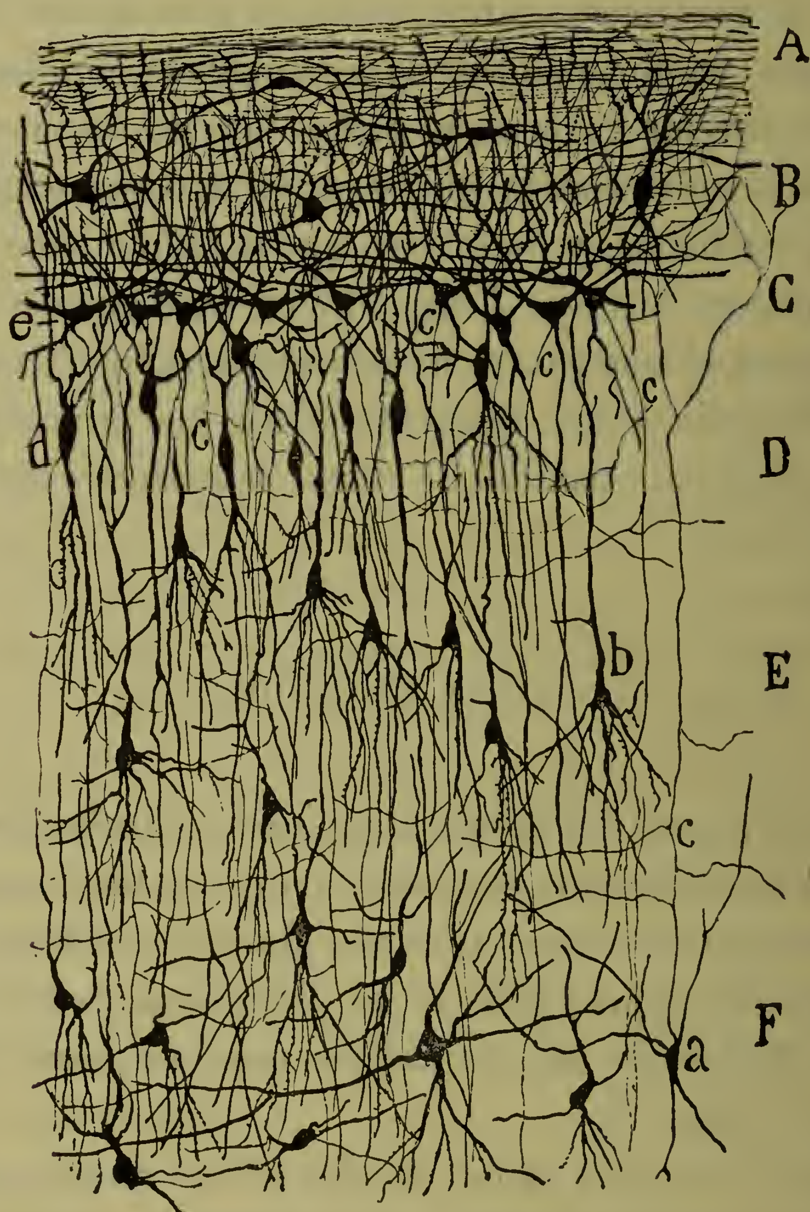


Fig. 13. — Corte antero-posterior de la corteza esfenoidal del conejo de ocho días. El corte interesa la porción terminal de la raíz externa del nervio olfatorio. — A, fibras de esta raiz: B, capa molecular; C, capa de las células triangulares y semilunares; B, capa de las células fusiformes verticales; E, capa de las gruesas y medianas pirámides; F, capa de células polimorfas; *a*, célula de cilindro-eje ascendente; *b*, pirámide; *e*, célula triangular; *d*, corpúsculo fusiforme; *c*, cilindros-ejes.

Zona molecular. — Es notable por su espesor y su riqueza en fibrillas nerviosas. Fórmase del entrecruzamiento de las expansiones protoplasmáticas de las células de la capa segunda y siguientes, de las prolongaciones de corpúsculos autóctonos y de infinidad de fibrillas nerviosas. De éstas, algunas provienen indu-

dablemente de corpúsculos de prolongación funcional ascendente, yacentes en la zona de los corpúsculos polimorfos (fig. 13, *a*); otras, quizá sean todavía la continuación de los tubos de la raiz externa. Por lo menos, no es raro ver en la porción superficial de la capa molecular fibras gruesas que marchan de un modo paralelo y en la dirección de la mencionada raiz.

De las células autóctonas, unas son fusiformes, otras estrelladas, y en todas ellas las expansiones tienen tendencia á marchar horizontalmente y durante largos trayectos. Es para mí indudable, que algunas de estas células, sobre todo las fusiformes horizontales corresponden al tipo pluripolar de Cajal, á este tipo singular que Retzius ha descrito recientemente también con el nombre de *Cajalschezellen* (1). Pero también juzgamos verosímil que algunas de ellas, cuyo cilindro-eje era descendente, representen pirámides dislocadas.

Capa de las células semilunares ó triangulares (fig. 13, *e*). — Está formada por una ó dos hileras de células, ya triangulares, ya semilunares, provistas de numerosas expansiones protoplasmáticas ascendentes, y una sólo descendente. Las expansiones superiores, en número de tres ó cuatro, son ásperas, marchan casi horizontalmente, formando en el límite inferior de la capa molecular un plexo apretado de fibras casi paralelas, que luego se arquean para ascender y ramificarse en todo el espesor de la capa molecular. Alguna de las expansiones protoplasmáticas son también ascendentes desde el principio, particularmente las que proceden de células triangulares de la segunda fila. La expansión protoplasmática descendente, casi siempre única, baja verticalmente y á distintas profundidades, se termina dicotomizándose ó ramificándose más ampliamente. El cilindro-eje procede comunmente de la parte inferior del cuerpo, afecta una dirección vertical y se distingue por su gran finura; después de dar algunas colaterales para la zona de las pirámides, llega hasta la substancia blanca para continuarse con una fibra medular.

Capa de las células fusiformes (fig. 13, *D*). — En esta zona se hallan algunas células que por su forma recuerdan las pirámides pequeñas, pero la mayoría de los corpúsculos que la constitu-

(1) *Retzius*: Biologische Untersuchungen, Bd. v, 1893.

yen poseen una morfología especial. Son estos elementos fusiformes, verticalmente orientados, con una ó varias expansiones ascendentes, y una descendente. La expansión ascendente, á menudo única, se divide rápidamente en ramas protoplasmáticas que, divergiendo ligeramente, ganan la zona molecular, donde se ramifican y terminan. Estas ramitas finales suelen marchar verticalmente, perdiéndose en la proximidad de la superficie cerebral; en su trayecto exhiben las espinas colaterales descritas por Cajal en los penachos de las pirámides típicas de la corteza. La expansión protoplasmática descendente baja derechamente, y á poco trecho unas veces, á mucha distancia otras, se descompone en un penacho de fibras descendentes, que ganan la zona de las gruesas pirámides. Estas fibras aparecen dentadas, y su reunión en penachos recuerda las raíces de las células piramidales del asta de Ammon. En ocasiones, en vez de un tallo descendente acabado en penacho, el cuerpo celular origina directamente el pincel de expansiones. Tocante al cilindro-eje, procede unas veces del cuerpo, pero más á menudo del mismo penacho descendente, ó del tallo que lo engendra; baja luego verticalmente, suministra varias colaterales para la zona de las gruesas pirámides, y se sumerge en la substancia blanca.

Las células fusiformes que acabamos de describir forman varias hileras irregulares, y se entremezclan siempre con alguno que otro corpúsculo triangular y piramidal.

Capa de las células piramidales. — Consta de corpúsculos piramidales típicos, como los de la corteza ordinaria. Su tallo ascendente alcanza la zona molecular, donde se descompone en un penacho terminal; de la base desciende un penacho ó pincel de expansiones protoplasmáticas, fuertemente espinosas, que suelen prolongarse hasta muy cerca de la substancia blanca. Esta disposición en pincel de las expansiones basilares es característica de esta región del cerebro, y recuerda también los corpúsculos del asta de Ammon. El cilindro-eje descendente suministra colaterales para la capa de los corpúsculos polimorfos é ingresa en la substancia blanca.

Capa de los corpúsculos polimorfos. — Poco desarrollada en la parte más posterior de la región esfenoidal, lo es bastante

en su porción media y anterior. La forma y demás propiedades de las células responden á las descripciones clásicas ; solamente es de notar, que las expansiones descendentes tienen tendencia á disponerse en pinceles descendentes que llegan hasta la substancia blanca. Las expansiones ascendentes, no bien orientadas, no alcanzan la zona molecular. Entre la capa de las células polimorfas y la de las pirámides, y á veces entremezcladas á éstas, hemos visto en alguna ocasión pequeños corpúsculos fusiformes ó esferoidales, provistos de dos expansiones, como los elementos de la capa tercera.

Finalmente, como puede verse en la fig. 13, *a*, la capa de las células polimorfas contienen algún corpúsculo fusiforme ó triangular, cuyo cilindro-eje ascendente, después de suministrar colaterales para la zona de las gruesas pirámides, acaba bifurcándose y ramificándose en la zona molecular.

CONCLUSIONES

1.ª La región del tubérculo olfatorio posee una estructura particular, que representa una modificación de la corteza típica. El hecho más importante es la existencia de ciertos islotes de pirámides apretadas y profundamente deformadas.

2.ª La región olfatoria del cerebro del gallipato, exhibe substancialmente la misma estructura que el bulbo olfatorio de los reptiles, aves y mamíferos.

3.ª La raiz externa del nervio olfatorio, en los pequeños mamíferos (rata, ratón, conejo, etc.), se termina, en parte, en el lóbulo frontal, en parte en el esfenoidal, pero exclusivamente al nivel de la capa molecular.

4.ª Cada fibra de la raiz externa se pone en relación con una zona cerebral muy extensa, á beneficio de las numerosas colaterales que suministra en su trayecto.

5.ª La exclusiva terminación de las fibras de la raiz externa en la zona molecular del cerebro, suministra una nueva prueba del papel conductor de las expansiones protoplasmáticas La comunicación se establecería entre las arborizaciones nerviosas termina-

les de dicha raiz y los penachos protoplasmáticos de las células piramidales subyacentes.

6.ª Además de las fibras de la raiz externa, proceden del bulbo otras de curso profundo que se pierden en las capas profundas de la corteza del *tractus* y tubérculo olfatorio.

7.ª La corteza cerebral del lóbulo esfenoidal, debajo y detrás del trayecto de la raiz externa, posee una estructura particular, que se reduce á la transformación de las pirámides pequeñas en dos subzonas, una de células triangulares y otra de células fusiformes verticales.

Nuestras experiencias sobre la raiz interna, tubérculo amigdalino, conexión olfativa de la comisura anterior, no son todavía suficientes para establecer conclusiones de algún valor.

Tampoco estamos en el caso de discutir las opiniones y esquemas que los autores (Obersteiner y Ganser, etc.), exponen sobre el conjunto de las conexiones establecidas por las fibras del *tractus*. Acaso abordemos este difícil tema cuando nuestras observaciones sean más numerosas é importantes.

Réstanos para concluir, dar las más sinceras gracias á nuestro sabio maestro el Dr. Cajal, bajo cuya inspiración hemos ejecutado este trabajo y cuyos consejos nos han sido de mucho provecho, tanto en la técnica de los preparados obtenidos como en la acertada interpretación de los mismos.

Madrid, 8 de Octubre de 1893.
